



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 62 779 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
G 01 N 21/25
G 01 M 11/02
G 01 J 3/30
G 01 J 3/50

⑳ Aktenzeichen: 199 62 779.7
㉔ Anmeldetag: 23. 12. 1999
㉕ Offenlegungstag: 23. 6. 2001

DE 199 62 779 A 1

㉗ Anmelder:
BYK-Gardner GmbH, 82538 Geretsried, DE

㉘ Vertreter:
Wallinger, M., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 80331
München

㉚ Erfinder:
Schwarz, Peter, 82538 Geretsried, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Vorrichtung zur quantifizierten Bestimmung der Qualität von Oberflächen

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Qualität von Oberflächen. Eine Beleuchtungseinrichtung einer ersten optischen Einrichtung strahlt Licht in einem vorbestimmten Winkel auf die Meßfläche aus. Eine zweite optische Einrichtung ist ebenfalls unter einem vorbestimmten Winkel zur Meßfläche ausgerichtet und ein Fotosensor nimmt das von der Meßfläche reflektierte Licht auf und wandelt es in ein elektrisches Meßsignal um, das für das reflektierte Licht charakteristisch ist. Eine Steuer- und Auswerteeinrichtung mit einer Prozessoreinrichtung und einer Speichereinrichtung steuert den Meßablauf und wertet die Meßergebnisse aus, die auf einer Ausgabeeinrichtung ausgegeben werden. Die Beleuchtungseinrichtung umfaßt wenigstens eine Leuchtdiode. Das von der Beleuchtungseinrichtung ausgestrahlte Licht ist derart beschaffen, daß die spektrale Charakteristik wenigstens blaue, grüne und rote Spektralanteile im sichtbaren Teil des Spektrums aufweist. Eine Filtereinrichtung ist im Strahleingang zwischen Lichtquelle und Fotosensor vorgesehen, die Auswerteeinrichtung wertet das reflektierte Licht aus und leitet eine Kerngröße ab, die diese Oberfläche charakterisiert.

DE 199 62 779 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Qualität von Oberflächen bzw. der visuellen Eigenschaften von Oberflächen.

Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Farbe und der Farbeigenschaften von Oberflächen.

Unter der Qualität bzw. den visuellen Eigenschaften einer Oberfläche sollen hier aber generell die physikalischen Eigenschaften einer Oberfläche verstanden werden, die das Aussehen einer Oberfläche für den menschlichen Betrachter bestimmen.

Zu diesen Eigenschaften gehören neben der Farbe bzw. dem Farbeindruck auch der Glanz, der Glanzschleier (engl. haze), die Abbildungsschärfe (engl. DOI/distinctness of image), die Helligkeit der Farbe sowie Oberflächenentexturen und Oberflächenwelligkeiten (engl. orange peel) etc.

Insbesondere die Farbe einer Oberfläche ist ein wichtiges Qualitätskriterium für die Beurteilung der Qualität von Oberflächen, denn bei zahlreichen Produkten und technischen Erzeugnissen ist die Farbe bzw. der Farbeindruck eines ein entscheidendes Merkmal für den Gesamteindruck des Produktes.

Bei der Herstellung eines Produktes ist es in vielen Bereichen unerlässlich sicherzustellen, daß sich die Farbe der hergestellten Produkte im Laufe der Produktion nicht ändert. Solche Farbänderungen an Produkten können durch geänderte Umweltbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Oberflächenbeschaffenheit etc.) bei der Produktion hervorgerufen werden. Um derartige Farbänderungen zu vermeiden, muß in regelmäßigen Abständen oder kontinuierlich die Produktionsanlage überwacht werden, und es müssen einzelne Produkte bezüglich der Oberflächenbeschaffenheit vermessen werden.

Deshalb sind beim Stand der Technik Oberflächenmeß- und Farbmeßgeräte bekannt geworden, mit deren die visuellen Eigenschaften der Oberflächen von Produkten bestimmt werden können. Viele bekannte Meßapparaturen sind allerdings großbauend, aufwendig und teuer in der Anschaffung oder im Betrieb. Andere bekannte Meßvorrichtungen sind transportabel, weisen allerdings nur eine ungenügende Genauigkeit auf.

Es ist deshalb die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zur Verfügung zu stellen, so daß damit eine reproduzierbare und quantifizierte Bewertung der Qualität von Oberflächen erfolgen kann.

Ein weiterer Aspekt der Aufgabe ist es eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, die kleinbauend und leicht gestaltet ist, so daß sie von einem Benutzer leicht mitgenommen werden kann und ohne weitere Hilfsmittel zur Bestimmung der Qualität einer Oberfläche herangezogen werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung gelöst, wie sie in Anspruch 1 definiert ist. Das erfindungsgemäße Verfahren ist Gegenstand des Anspruchs 36.

Zu bevorzugende Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur quantifizierten Bestimmung der Qualität von Oberflächen weist eine erste optische Einrichtung mit einer Beleuchtungseinrichtung auf, deren ausstrahlbares Licht in einem bestimmten Winkel auf die Meßfläche gerichtet ist. Eine zweite optische Einrichtung, die in einem vorbestimmten Winkel zum Meßfläche ausgerichtet ist, nimmt einen Teil des von der Meßfläche reflektierten Lichts auf. In der zweiten optischen Einrichtung ist wenigstens ein Photosensor angeordnet, der ein elektrisches Meßsignal ausgibt, welches für das von der zweiten

optischen Einrichtung aufgenommene Licht charakteristisch ist.

Eine Steuer- und Auswerteeinrichtung ist dafür vorgesehen, den Meßablauf zu steuern und die Meßergebnisse auszuwerten und umfaßt wenigstens eine Prozessoreinrichtung und wenigstens eine Speichereinrichtung. Die Meßergebnisse und/oder die ausgewerteten Daten werden von einer Ausgabeeinrichtung ausgegeben.

Die Beleuchtungseinrichtung umfaßt wenigstens eine Lichtquelle, wobei wenigstens einer dieser Lichtquellen eine Leuchtdiode (englisch: LED/Light Emitting Diode) ist. Das von der Beleuchtungseinrichtung ausgestrahlte Licht weist eine spektrale Charakteristik auf, die wenigstens blaue, grüne und rote Spektralanteile im sichtbaren Spektrum umfaßt.

Weiterhin ist eine Filtereinrichtung vorgesehen, die im Strahlengang zwischen der Lichtquelle und dem Photosensor angeordnet ist, wobei diese Filtereinrichtung sowohl in der ersten als auch in der zweiten optischen Einrichtung oder an sonst einer geeigneten Stelle im Strahlengang angeordnet sein kann. Es ist auch möglich, daß mehrere Filtereinrichtungen vorgesehen sind, wobei eine erste Filtereinrichtung das von der wenigstens einen Lichtquelle der Beleuchtungseinrichtung der ersten optischen Einrichtung ausgestrahlte Licht spektral filtert und eine zweite Filtereinrichtung im Strahlengang vor dem Photosensor angeordnet ist und das von der Meßfläche reflektierte Licht ebenfalls spektral filtert.

Die Auswerteeinrichtung wertet das reflektierte Licht aus und leitet daraus wenigstens eine Kenngröße ab, die die Oberfläche charakterisiert.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat viele Vorteile.

Eine Vorrichtung, bei der eine erste optische Einrichtung mit einer Beleuchtungseinrichtung vorgesehen ist, die Licht mit blauen, grünen und roten spektralen Anteilen im sichtbaren Spektrum aufweist, ist sehr vorteilhaft, da auch z. B. die Farbe einer Oberfläche bestimmbar ist.

Daß die Beleuchtungseinrichtung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wenigstens eine Lichtquelle aufweist, die als LED ausgelegt ist, ist sehr vorteilhaft, da wenigstens eine Lichtquelle im wesentlichen alterungsbeständig ausgeführt ist.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist wenigstens eine dieser wenigstens einen charakteristischen Kenngröße die Farbe der Meßfläche. Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich besonders gut zur Bestimmung eines Farbkennwertes von Oberflächen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann kleinbauend gestaltet werden und ist dann z. B. leicht tragbar. Dadurch wird es ermöglicht, die Farbe von Oberflächen auch an schlecht zugänglichen Orten zu bestimmen.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird die zu bestimmende Kenngröße der zu messenden Oberfläche aus einer Gruppe von Kenngrößen entnommen, die Glanz, Glanzschleier, Abbildungsschärfe, Orange Peel und Fluoreszenzkenngroße und -kennwerte und dgl. mehr umfaßt.

Vorzugsweise eignet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung dazu, daß zwei oder mehr unterschiedliche charakteristische Kenngrößen der zu untersuchenden Oberfläche bestimmt werden können.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung umfaßt eine Kenngröße eine Vielzahl von Kennwerten, die jeweils ein Reflexions- bzw. Remissionsvermögen der Meßfläche charakterisieren. Dann ist vorzugsweise im wesentlichen jeder der Kennwerte charakteristisch für ein spektrales Reflexions- bzw. Remissionsvermögen in jeweils einem Wellenlängenbereich. Vorzugsweise beschreibt die Vielzahl der

Kennwerte dieser Kenngröße den spektralen Verlauf des Reflexions- bzw. Remissionsvermögens der Oberfläche in einem vorbestimmten Wellenbereich.

Eine solche Ausgestaltung ist sehr vorteilhaft, da die zu bestimmende Kenngröße eine Vielzahl von Kennwerten umfaßt, die die spektrale Abhängigkeit der zu bestimmenden Oberflächeneigenschaft von der Wellenlänge charakterisieren.

Im wesentlichen ist dann jeder der Kennwerte für ein bestimmtes Wellenlängenintervall charakteristisch, wobei sich einzelne Wellenlängenbereiche auch überschneiden können.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung aller bisher beschriebenen Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung, weist die Beleuchtungseinrichtung zwei, drei oder eine Vielzahl von Lichtquellen auf, die als herkömmliche, aus dem Stand der Technik bekannte Lichtquellen ausgeführt sind. Vorzugsweise werden als Lichtquellen in der Beleuchtungseinrichtung Leuchtdioden, thermische Lichtquellen wie Glüh- und Halogenlichtquellen oder Quecksilber-, Deuterium- und Xenon-Lichtquellen u. dgl. verwendet. Die einzelnen Lichtquellen können über eine oder mehrere Strahlteiler gekoppelt werden.

Gemäß einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung werden in der Beleuchtungseinrichtung wenigstens zwei unterschiedliche Lichtquellen verwendet, die vorzugsweise spektral unterschiedlich emittieren.

Diese Weiterbildung hat den Vorteil, daß bei Verwendung zweier spektral unterschiedlich emittierender Lichtquellen es möglich wird, über einen größeren Wellenlängenbereich eine hohe Intensität zu erzielen. Eine hohe Strahlungsintensität über einen großen Wellenlängenbereich erhöht die Genauigkeit der Messung, da das Signal/Rauschverhältnis verbessert wird und somit auch die Genauigkeit der Bestimmung der Kenngröße.

Gemäß einer oder mehrerer der zuvor beschriebenen Weiterbildungen weisen die Lichtquellen der Beleuchtungseinrichtung derartige spektrale Charakteristiken auf, daß im wesentlichen im gesamten sichtbaren Bereich des Spektrums Strahlung emittierbar ist. Es ist zwar auch möglich, z. B. einen Farbkennwert für eine Oberfläche zu bestimmen, wenn die Oberfläche nur mit drei geeigneten unterschiedlichen Wellenlängen beleuchtet wird, allerdings kann die Genauigkeit der Messung erhöht werden, wenn im gesamten sichtbaren Bereich des Spektrums Strahlung emittiert wird.

Gemäß einer besonders bevorzugten Weiterbildung einer oder mehrerer zuvor beschriebener Weiterbildungen der Erfindung weist die Beleuchtungseinrichtung eine Vielzahl von Lichtquellen auf, wobei vorzugsweise im wesentlichen alle Lichtquellen als Leuchtdioden ausgeführt sind.

Die Verwendung von Leuchtdioden als Lichtquellen in der Vorrichtung ist sehr vorteilhaft, da Leuchtdioden kleinbauende Lichtquellen sind und wenig Raum beanspruchen, so daß die Vorrichtung insgesamt kleiner gestaltet werden kann als mit anderen Lichtquellen aus dem Stand der Technik. Ein weiterer Vorteil beim Einsatz von Leuchtdioden, und insbesondere bei deren ausschließlichen Einsatz, ist, daß Leuchtdioden relativ geringe Alterungserscheinungen aufweisen und sich auch die Position des Licht ausstrahlenden Körpers bzw. der lichtausstrahlenden Fläche durch Alterungserscheinungen oder Stöße im wesentlichen nicht ändert.

Bei herkömmlichen Lichtquellen, die mit einem Glühfaden oder einer Glühwendel versehen sind, ergibt sich eine alterungsbedingte Veränderung der spektralen Emission. Teile der Glühwendel verdampfen, und dieses verdampfte Material schlägt sich auf der Innenseite des die Glühwendel umgebenden Glaskörpers nieder, so daß sich die spektrale Transmission des Glaskörpers und somit die spektrale Emis-

sion der Lichtquelle ändert. Ein weiterer Nachteil konventioneller Lichtquellen ist, daß sich die Position der Glühwendel mit der Zeit ändern kann, da die Glühwendel im wesentlichen über die Anschlußdrähte federnd aufgehängt ist.

Schon dadurch bedingt, muß ein mit konventionellen Leuchtkörpern ausgerüstetes Meßgerät von Zeit zu Zeit nachkalibriert werden, um eine hohe Genauigkeit zu erzielen.

Ein weiterer Vorteil von Halbleiterstrahlungsquellen wie Leuchtdioden und dergleichen ist, daß derartige Strahlungsquellen kurz nach dem Einschalten ein zeitlich stabiles Signal ausstrahlen, während konventionelle Glühbirnen einen erheblich längeren Zeitraum benötigen, um eine zeitlich konstante Strahlung zu emittieren, da thermische Strahlungsquellen Temperatureinflüssen unterliegen und deshalb die einzelnen Komponenten wie Glühwendel, umgebender Glaskörper etc., sich erst auf Arbeitstemperatur erwärmen müssen, bevor eine zeitlich konstante Strahlung emittiert wird.

Ein weiterer Vorteil der Verwendung von Leuchtdioden als Lichtquellen ist, daß die zum Betrieb notwendige Leistung geringer ist als bei herkömmlichen Glühbirnen, so daß insgesamt ein geringerer Energiebedarf der Vorrichtung erzielt werden kann. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn eine solche Meßvorrichtung transportabel ausgeführt wird und mit Batterien bzw. Akkus betrieben wird, da dann die erfindungsgemäße Vorrichtung kleiner gestaltet werden kann (kleinere Akkus) bzw. die Meßzeit mit einem Batterie- bzw. Akkusatz verlängert werden kann.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die erfindungsgemäße Vorrichtung wenigstens eine thermische Lichtquelle auf, die dann vorzugsweise als Halogenlichtquelle ausgeführt ist. Der Einsatz einer Halogenlichtquelle neben einer, vorzugsweise mehrerer, Leuchtdioden-Lichtquellen hat auch Vorteile. Durch die gezielte Verwendung einer oder mehrerer Leuchtdioden und z. B. einer Halogenlichtquelle können bestimmte Spektralanteile im sichtbaren Bereich des Spektrums gezielt angehoben werden, so daß die spektrale Verteilung des emittierten Lichts über einen größeren Spektralbereich eine hohe Intensität aufweist. Durch eine möglichst gleichmäßig hohe Intensität über einen großen Wellenlängenbereich im relevanten Teil des Spektrums kann das Signal/Rauschverhältnis und damit das Meßergebnis deutlich verbessert werden.

Bei herkömmlichen Meßapparaturen ist der spektrale Intensitätsverlauf oft glockenförmig und fällt von einer maximalen spektralen Intensität bei einer bestimmten Wellenlänge zu beiden Seiten des Spektrums ab, so daß an einem oder beiden Rändern des Spektrums nur noch eine kleine Intensität erzielt wird. Die Genauigkeit der Messung bestimmt sich aber unter anderem durch die minimale Intensität bzw. das schlechteste Signal/Rauschverhältnis im relevanten Teil des Spektrums.

Wird nun durch den Einsatz einer Vielzahl von Leuchtdioden oder durch den Einsatz wenigstens einer Leuchtdiode und einer Halogenlichtquelle die minimale Intensität im relevanten Teil des Spektrums erhöht, so wird auch die erzielbare Genauigkeit bei der Messung erhöht.

Schon durch den Einsatz einer Leuchtdiode neben einer thermischen Lichtquelle wird auch der Wartungsaufwand für eine solche Vorrichtung verringert, da wenigstens eine der Strahlungsquellen keinen bzw. nur geringen zeitlichen Änderungen unterliegt, so daß die zeitlichen Auswirkungen auf das gesamte Spektrum kleiner sind.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die Steuereinrichtung in der erfindungsgemäßen Vorrichtung derart strukturiert, daß die Steuereinrichtung den Meßablauf derart steuert, daß wenigstens eine Fluores-

zenz-Kenngröße dieser Meßfläche bestimmbar ist.

Die Bestimmung einer Fluoreszenz-Kenngröße der Meßfläche ist sehr vorteilhaft. Herkömmliche Meßapparaturen und -vorrichtungen messen z. B. die Farbe einer Meßfläche. Die Farbe einer Meßfläche bzw. der visuelle Eindruck einer Meßfläche hängt aber auch von der Art bzw. der spektralen Verteilung der Strahlung ab, mit der die Meßfläche beleuchtet wird. Viele Stoffe oder Oberflächen weisen jedoch fluoreszierende Eigenschaften auf, die mit herkömmlichen Meßapparaturen nicht bestimmt werden. Werden derartige Oberflächen mit Strahlung einer bestimmten Wellenlänge ausgeleuchtet, so wird durch die fluoreszierenden Eigenschaften bedingt Strahlung mit einer anderen Wellenlänge von der Oberfläche ausgesendet. Der visuelle Eindruck der Oberfläche hängt somit von der spektralen Verteilung der ausleuchtenden Lichtquelle ab.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird die erste optische Einrichtung durch die Steuereinrichtung derart gesteuert, daß die Lichtquellen der ersten optischen Einrichtung an wenigstens einem Zeitpunkt Strahlung gleichzeitig emittieren, so daß also zu diesem Zeitpunkt Licht aller Lichtquellen auf die zu untersuchende Oberfläche trifft.

Die gleichzeitige Beleuchtung der zu untersuchenden Oberfläche durch im wesentlichen alle Lichtquellen hat den Vorteil, daß gezielt bestimmte Spektralbereiche durch die einzelnen Lichtquellen angehoben werden können, so daß das ausgestrahlte Licht wenigstens zu diesem Zeitpunkt im wesentlichen einer vorbestimmten spektralen Verteilung entspricht.

In einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die Steuereinrichtung derart beschaffen, daß die erste optische Einrichtung der Vorrichtung derart gesteuert wird, daß wenigstens zwei spektral unterschiedliche Lichtquellen dieser ersten optischen Einrichtung im wesentlichen nacheinander jeweils eine Strahlung emittieren, wobei vorzugsweise im wesentlichen alle spektral unterschiedlichen Lichtquellen der ersten optischen Einrichtung jeweils nacheinander eine Strahlung emittieren.

Unter spektral unterschiedlichen Lichtquellen ist im Sinne dieser Erfindung zu verstehen, daß sich die spektrale Intensitätsverteilung der emittierten Strahlung wenigstens in einem Wellenlängenbereich unterscheidet, so daß man die Lichtquellen als linear unabhängig voneinander bezeichnen kann.

Beispielsweise strahlen auch zwei identische Halogenbirnen spektral unterschiedliche Intensitätsverteilungen aus, wenn sie mit unterschiedlichen Spannungen betrieben werden, da sich mit der Spannung die Temperatur der Glühwendel ändert und somit die spektrale Charakteristik eines thermischen Strahlers. Auch zwei derart unterschiedlich betriebene Halogenbirnen sind im Sinne dieser Erfindung spektral unterschiedliche Strahler bzw. Lichtquellen.

Vorzugsweise ist aber unter "spektral unterschiedliche Lichtquellen" zu verstehen, daß unterschiedliche Lichtquellen typen verwendet werden. Beispielsweise können rote, grüne, blaue und gelbe Leuchtdioden verwendet werden, die in unterschiedlichen Spektralbereichen Strahlung emittieren. Es ist aber auch möglich, daß ein thermischer Strahler wie eine Halogen- oder Glühbirne mit mehreren Leuchtdioden unterschiedlicher Farbe verwendet wird.

Die Steuerung der spektral unterschiedlichen Lichtquellen derart, daß sie nacheinander Strahlung emittieren, ist auch vorteilhaft, da das von der Oberfläche reflektierte Licht der spektral unterschiedlichen Lichtquellen einzeln aufgenommen und ausgewertet werden kann.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung steuert die Steuereinrichtung die erste und die zweite

optische Einrichtung derart, daß eine Messung durchgeführt wird, bei der wenigstens zwei, vorzugsweise alle, Lichtquellen gleichzeitig Strahlung emittieren, und daß eine andere Messung durchgeführt wird, bei der wenigstens zwei, vorzugsweise alle, spektral unterschiedlichen Lichtquellen im wesentlichen nacheinander jeweils eine Strahlung emittieren. Die Reihenfolge dieser Messungen (Messung mit mehreren Lichtquellen gleichzeitig; Messung der einzelnen Lichtquellen nacheinander) hängt von den Umständen ab (Oberflächenbeschaffenheit etc.).

Eine solche Ausgestaltung ist sehr vorteilhaft, da einerseits eine Messung mit einem Gesamtspektrum durchgeführt wird, und andererseits einzelne Spektralbereiche vermessen werden können.

Wenn wenigstens eine Messung durchgeführt wird, bei der spektral unterschiedliche Lichtquellen nacheinander Strahlung emittieren, werden die einzelnen Meßergebnisse der einzelnen Lichtquellen bzw. der spektral unterschiedlichen Lichtquellen in der Speichereinrichtung der Vorrichtung abgelegt. Dann wird vorzugsweise aus den Meßergebnissen wenigstens eine Fluoreszenz-Kenngröße abgeleitet, so daß neben einer Kenngröße, z. B. der Farbe der Oberfläche, auch wenigstens ein Maß für die Fluoreszenz der Oberfläche bestimmt wird. Die Bestimmung der Fluoreszenzeigenschaften einer Oberfläche ist sehr vorteilhaft, da verschiedene Produkte unter unterschiedlichsten Lichtverhältnissen zum Einsatz kommen, so daß der Farbeindruck eines Betrachters auch von den fluoreszierenden Eigenschaften der Oberfläche abhängt. Durch die Bestimmung wenigstens einer Fluoreszenz-Kenngröße kann eine Meßfläche besser charakterisiert werden.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung einer oder mehrerer der zuvor beschriebenen Weiterbildungen ist eine Vielzahl von Photosensoren vorgesehen, die vorzugsweise benachbart angeordnet sind, und besonders bevorzugt in Reihen und/oder in Reihen und Spalten angeordnet sind, wobei besonders bevorzugt ein Dioden-Array oder CCD-Chip verwendet wird. Mit einer Vielzahl von Photosensoren, die in einer Reihe oder auf einer Fläche angeordnet sind, können viele Signale bzw. Signalanteile im wesentlichen gleichzeitig bestimmt werden.

Der Einsatz eines CCD-Chips bietet den Vorteil, daß dieser Sensortyp weit verbreitet und in hoher und höchster Qualität verfügbar ist.

Insbesondere, aber nicht nur, wenn eine Vielzahl von Photosensoren vorgesehen ist, kann im Strahlengang zwischen der Beleuchtungseinrichtung und dem Photosensor bzw. den Photosensoren eine Spektraleinrichtung angeordnet werden, die dann einfallende Strahlung wellenlängenabhängig aufspaltet. Bei der Verwendung einer Vielzahl von Photosensoren ist es dann bevorzugt, daß die Spektraleinrichtung einfallendes Licht derart aufspaltet, daß unterschiedliche Wellenlängenbereiche des einfallenden Lichtes auf unterschiedliche Photosensoren bzw. unterschiedliche Bereiche eines CCD-Arrays gelenkt werden. Dann ist die Intensität auf den einzelnen photosensitiven Elementen bzw. Photosensoren für unterschiedliche Wellenlängenbereiche repräsentativ und das elektrische Ausgangssignal der einzelnen Photosensoren ist charakteristisch für die aufgenommene Strahlung in den entsprechenden Wellenlängenbereichen.

Es ist aber auch möglich, daß nur ein Photosensor (oder nur wenige Photosensoren) verwendet werden. Dann ist es bei dem Einsatz einer Spektraleinrichtung bevorzugt, daß entweder die Beleuchtungseinrichtung verschiebbar bzw. drehbar angeordnet ist, und/oder daß der Photosensor verschiebbar bzw. drehbar angeordnet ist. In einer solchen Ausgestaltung wird die Position der Beleuchtungseinrichtung

bzw. des Photosensor derart gesteuert, daß nacheinander unterschiedliche Wellenlängenbereiche vom Photosensor aufgenommen werden, so daß eine spektrale Verteilung bestimmbar ist.

Die Anordnung einer Spektraleinrichtung in der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist sehr vorteilhaft, da es ermöglicht wird, eine spektrale Intensitätsverteilung des von der Oberfläche reflektierten Lichts zu bestimmen.

Bevorzugt zeigt die Spektraleinrichtung wenigstens ein (oder mehrere) Spektralaufspaltungselemente auf, welches ein gängiges, im Stand der Technik verwendetes Spektralaufspaltungselement sein kann, wie z. B. beugende und/oder brechende optische Elemente, absorbierende Elemente, Phasen- und Amplitudengitter, Oberflächen- und Volumengitter, Transmissions- und Reflexionsgitter, holographische optische Elemente, Interferenzfilter, Farbfilter und Farbfilterkeile, Kanten- bzw. Cut-Off-Filter, Prismen und dergleichen mehr.

Das Spektralaufspaltungselement bzw. die Spektraleinrichtung ist im Strahlengang der erfindungsgemäßen Vorrichtung angeordnet, wobei es möglich ist, daß das Spektralaufspaltungselement als reflektierendes oder als transmittierendes Element ausgeführt ist. Als reflektierendes Element ist z. B. ein Oberflächenreflexionsgitter bevorzugt, wie sie in gängigen Spektrometern Einsatz finden. Als transmittierendes Spektralaufspaltungselement kann z. B. ein holographisches Transmissionsgitter Verwendung finden, wobei als Trägermaterial des Hologramms Dichromatgelatine (DCG), Polyvinylalkohol oder ähnliches verwendet werden kann. Auch Farbfilter und Farbfilterkeile sind besonders bevorzugt.

Es ist auch möglich, mehrere, auch unterschiedliche, Spektralaufspaltungselemente in der Vorrichtung anzuordnen, wobei eines oder mehrere als Transmissionselement und eines oder mehrere als Reflexionselement ausgeführt sein kann.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die Filtereinrichtung derart beschaffen, daß die spektrale Charakteristik einfallenden Lichts gemäß vorbestimmter Filtereigenschaften veränderbar ist, so daß die spektrale Charakteristik des Lichtes vorzugsweise im wesentlichen mit einer vorbestimmten spektralen Verteilung übereinstimmt. Die Filtereinrichtung kann als reflektierende oder transmittierende Filtereinrichtung ausgeführt sein und weist vorzugsweise wenigstens ein Filterelement auf. Es ist auch möglich, daß sowohl wenigstens ein reflektierendes als auch wenigstens ein transmittierendes Filterelement in der Filtereinrichtung vorgesehen ist, die auch räumlich getrennt voneinander angeordnet sein können. Reflektierende Filterelemente bzw. Filtereinrichtungen reflektieren einfallendes Licht und sind oft derart beschaffen, daß bestimmte Wellenlängenbereiche besser reflektiert werden als andere, so daß das von der Filtereinrichtung reflektierte Licht eine spektrale Verteilung bzw. spektrale Charakteristik aufweist, die mit einer vorbestimmten spektralen Verteilung im wesentlichen übereinstimmt.

Transmittierende Filterelemente bzw. Filtereinrichtungen sind meist derart beschaffen, daß bestimmte Wellenlängenbereiche besser transmittiert werden als andere, wobei es möglich ist, daß bestimmte Wellenlängenbereiche absorbiert werden oder daß bestimmte Wellenlängenbereiche wenigstens teilweise reflektiert werden, oder daß bestimmte Wellenlängenbereiche mehr oder weniger stark gestreut werden. Dadurch ist es möglich, die spektrale Verteilung des transmittierten Lichts einer vorbestimmten spektralen Verteilung anzunähern.

Der Einsatz einer Filtereinrichtung, die die spektrale Charakteristik einfallenden Lichts an eine vorbestimmte spek-

trale Verteilung anpaßt, ist sehr vorteilhaft, um Bedingungen zur Messung zur Verfügung zu stellen, die hochqualitative Meßergebnisse ermöglichen.

Gemäß einer besonders bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die vorbestimmte spektrale Verteilung eine Standardverteilung, wie sie im Stand der Technik standardisiert worden sind. Beispielsweise kann die Ausleuchtung oder Messung mit der Normlichtart C, der Normlichtart D65, der Normlichtart A oder dergleichen erfolgen. Die Messung mit einer der vorgenannten Lichtstandards ist sehr vorteilhaft, da standardisierte und möglichst realitätsnahe spektrale Lichtverteilungen bei der Messung verwendet werden.

Gemäß einer anderen bevorzugten Weiterbildung weist die vorbestimmte spektrale Verteilung im wesentlichen einen linearen Intensitätsverlauf und besonders bevorzugt einen konstanten Intensitätsverlauf über der Wellenlänge in einem vorbestimmten Bereich des Spektrums auf. Vorzugsweise umfaßt dieser vorbestimmte Wellenlängenbereich im wesentlichen wenigstens den sichtbaren Bereich des Spektrums zwischen etwa 400 und 700 nm. Eine solche vorbestimmte spektrale Verteilung bietet auch Vorteile, da insbesondere bei Ausleuchtung bzw. Messung mit im wesentlichen konstanter Intensitätsverteilung das Signal/Rauschverhältnis über den relevanten Wellenlängenbereich gut ist.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung einer oder mehrerer der zuvor beschriebenen Weiterbildungen ist die Vorrichtung und deren einzelne Elemente derart beschaffen, daß eine spektrale Meßcharakteristik im wesentlichen proportional zu einem Produkt der spektralen Verteilung einer Standardlichtart und der Augenempfindlichkeit des menschlichen Auges ist.

Unter spektraler Meßcharakteristik ist hierbei das Produkt aus der spektralen Charakteristik des auf die Meßfläche ausgestrahlten Lichts und der spektralen Empfindlichkeit der zweiten optischen Einrichtung bzw. des Sensors zu verstehen.

Wenn diese spektrale Meßcharakteristik proportional bzw. im wesentlichen proportional zu dem Produkt der spektralen Verteilung einer Standardlichtart und der Augenempfindlichkeit des menschlichen Auges (Augenempfindlichkeit des helladaptierten Auges oder Augenempfindlichkeit des dunkeladaptierten Auges) ist, so bildet die Vorrichtung im wesentlichen den "natürlichen Sehvorgang" eines Beobachters ab.

Die spektrale Meßcharakteristik ist bevorzugt das Produkt der spektralen Charakteristiken aller beteiligten optischen Komponenten, abgesehen von der Meßfläche. So wird z. B. das auf die Meßfläche ausgestrahlte Licht der einzelnen Lichtquellen durch die einzelnen optischen Elemente in der ersten optischen Einrichtung spektral beeinflusst, und andererseits wird die spektrale Charakteristik des von der Meßfläche reflektierten Lichts durch die einzelnen optischen Elemente in der zweiten optischen Einrichtung beeinflusst. Die oben genannte spektrale Meßcharakteristik berücksichtigt alle bzw. im wesentlichen alle Spektraleinflüsse der beteiligten Komponenten.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist die oben genannte spektrale Meßcharakteristik, die ein Produkt aus der spektralen Charakteristik des auf die Meßfläche ausgestrahlten Lichts und der spektralen Empfindlichkeit der zweiten optischen Einrichtung im wesentlichen unabhängig von der Wellenlänge in einem vorbestimmten Bereich des Spektrums, der vorzugsweise den größten Teil (>50%, besser >80%) des sichtbaren Spektrums, und besonders bevorzugt wenigstens den sichtbaren Bereich des Spektrums umfaßt.

Gemäß dieser bevorzugten Weiterbildung weist die spek-

trale Meßcharakteristik im wesentlichen einen linearen Verlauf über der Wellenlänge in dem vorbestimmten Spektralbereich auf, und besonders bevorzugt weist die spektrale Meßcharakteristik einen im wesentlichen konstanten Wert in diesem Wellenlängenbereich auf, so daß bei einer ideal reflektierenden Oberfläche das Ausgangssignal des bzw. der Sensoren im wesentlichen unabhängig von der Wellenlänge ist.

Bei dieser bevorzugten Weiterbildung wird vorzugsweise die spektrale Verteilung des ausgestrahlten Lichts derart angepaßt, daß die spektralen Charakteristiken der anderen optischen Komponenten und des Sensors bzw. der Sensoren ausgeglichen werden. In Spektralbereichen, in denen der Sensor eine kleinere Empfindlichkeit aufweist, kann die Intensität des ausgestrahlten Lichts dementsprechend erhöht werden, so daß die Intensität bzw. das elektrische Ausgangssignal des Sensors bzw. der Sensoren im wesentlichen unabhängig von der Wellenlänge des aufgenommenen Lichts ist.

Insbesondere wenn ein Dioden-Array bzw. ein CCD-Chip eingesetzt wird, hat eine solche im wesentlichen konstante spektrale Meßcharakteristik Vorteile, da alle Elemente des Dioden-Arrays mit einem gleichen Verstärkungsfaktor verstärkt werden. Zur Erzielung eines möglichst hohen Signal/Rauschverhältnisses wird bei Dioden-Arrays die Belichtungs- bzw. Integrationszeit so hoch gewählt, daß einzelne Elemente ein maximales Signal ausgeben. Wird z. B. ein Dioden-Array mit einer normalen Glühbirne ausgeleuchtet, so weist die von der Glühbirne emittierte Strahlung üblicherweise ein Maximum im roten Bereich des Spektrums auf, in dem gängige Siliziumzellen ebenfalls eine maximale Empfindlichkeit aufweisen.

Die spektrale Meßcharakteristik einer solchen Beleuchtungsquelle mit einem solchen Sensor weist also ein stark ausgeprägtes Maximum im roten Bereich des Spektrums auf und fällt zu größeren und kleineren Wellenlängen ab. Insbesondere im blauen Bereich des Spektrums wird dann nur noch ein kleines Nutzsignal erzeugt, das um bis zu eine oder mehrere Größenordnungen kleiner sein kann als das Nutzsignal im Maximum. Demzufolge verschlechtert sich das Signal/Rauschverhältnis vom Maximum des Spektrums um einen Faktor von 10, 100 oder mehr in dem entsprechenden Spektralbereich.

Wird nun die Belichtungszeit bzw. Integrationszeit erhöht, so verlassen einzelne Elemente des Dioden-Arrays den linearen Arbeitsbereich und bei einer weiteren Erhöhung der zugeführten Lichtmenge bzw. einer Erhöhung der Belichtungszeit werden einzelne Sensoren übersteuert, wenn das zu messende Licht auf die einzelnen Sensoren bzw. Elemente des Dioden-Arrays aufgespalten wird. Wenn einzelne Elemente übersteuert werden, so kann es passieren, daß Ladung von einem Element des Dioden-Arrays auf ein direkt oder indirekt benachbartes Element übertritt, so daß das Meßergebnis nicht nur bei dem übersteuerten Element, sondern auch bei dem oder den benachbarten Elementen ungenau und fehlerhaft ist.

Wird nun eine spektrale Meßcharakteristik bei der Messung verwendet, die im wesentlichen einen konstanten Verlauf über einem vorbestimmten Wellenlängenintervall aufweist, so werden im wesentlichen alle Elemente des Dioden-Arrays gleich angesteuert, was eine deutliche Erhöhung des schlechtesten Signal/Rauschverhältnisses zur Folge hat und somit die Qualität der Messung erhöht.

Wenn einzelne Photosensoren Einsatz finden, deren Signale jeweils einzeln verstärkt werden, so kann auch eine spektrale Meßcharakteristik eingesetzt werden, die z. B. eine ausgeprägte Abhängigkeit von der Wellenlänge aufweist. Aber auch in diesem Anwendungsfall kann es vorteilhaft sein, die spektrale Meßcharakteristik im relevanten

Wellenlängenbereich relativ konstant zu halten, da Streulicht einen kleineren Einfluß erlangt. Wird z. B. die Strahlung wellenlängenabhängig aufgespalten und es ist ein Sensor für einen Wellenlängenbereich bei ca. 400 nm vorgesehen, so führt z. B. ein 50%iger Anteil von Streulicht des Wellenlängenbereichs von 700, 800 oder 900 nm zu einer überproportionalen Verfälschung des Meßergebnisses, da z. B. Sensoren auf Siliziumbasis in diesem Wellenlängenbereich empfindlicher sind.

Zur Reduktion des Einflusses von Streulicht ist es bevorzugt, daß ein Filterelement der Filtereinrichtung Strahlung oberhalb des relevanten Wellenlängenbereiches im wesentlichen herausfiltert. Wird ein solches Filterelement in den Strahlengang zwischen den Lichtquellen und der zu messenden Oberfläche gebracht, so bietet es den Vorteil, daß Strahlung in einem höheren Wellenlängenbereich, in dem oft die verwendeten Sensoren besonders empfindlich sind, im wesentlichen gar nicht erst auf die Meßfläche gelangt und somit in der zweiten optischen Einrichtung kein Streulicht produzieren kann.

Andererseits ist es auch vorteilhaft, ein derartiges Filterelement in der zweiten optischen Einrichtung anzuordnen, damit Streulicht derartiger Wellenlängen, das z. B. aus der Umgebung in die Vorrichtung gelangt, im wesentlichen von den Photosensoren abgehalten wird. Außerdem bietet ein solches Filterelement in der zweiten optischen Einrichtung vor dem Photosensor den Vorteil, daß von der Meßfläche selbst emittierte Strahlung dieser Wellenlängenbereiche vom Photosensor abgehalten wird.

Es ist auch möglich, daß ein Filterelement im Strahlengang zwischen den Lichtquellen und der Meßfläche und ein anderes Filterelement im Strahlengang zwischen der Meßfläche und dem Sensor angeordnet ist, wobei die einzelne Positionierung der Filterelemente in der ersten bzw. zweiten optischen Einrichtung an geeigneten Stellen erfolgen kann.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird das Meßergebnis des Sensors bzw. die Signale der Sensoren mathematisch ausgewertet, wobei diese Auswertung gemäß der in der WO 96/09524 bzw. der DE 44 34 168 A1 vorgestellten Lehre erfolgen kann, die hiermit in die Offenbarung der vorliegenden Erfindung mit aufgenommen werden. Bei einer derartigen Auswertung werden verschiedene Eichstandards verwendet und eine Anzahl von Lichtquellen, die linear unabhängig sind und eine Anzahl von Sensoren, die ebenfalls linear unabhängige spektrale Charakteristiken aufweisen, die auch über vorgeschaltete Filter erzielt werden kann. Werden m Lichtquellen und n unterschiedliche Sensoren verwendet, so können $m \cdot n$ Eichstandards vermessen und ein lineares Gleichungssystem aufgestellt werden. Aus diesem linearen Gleichungssystem können die einzelnen Koeffizienten der einzelnen Elemente bezüglich unterschiedlicher Wellenlängenbereiche ermittelt werden, so daß bei einer Messung einer zu messenden Oberfläche das spektrale Remissions- bzw. Reflexionsvermögen der zu messenden Oberfläche über die ermittelten Koeffizienten bestimmt werden kann.

Durch die Bestimmung des wellenlängenabhängigen Remissions- oder Reflexionsvermögens mit der in den genannten Dokumenten offenbarten Lehre ist es insbesondere bei Verwendung eines CCD- oder Diodenarrays möglich, die Auflösung in den Subpixel-Bereich zu erhöhen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die Filtereinrichtung derart beschaffen, daß die spektralen Eigenschaften wenigstens eines Filterelements steuerbar sind. Dabei ist es möglich, daß wenigstens ein Filterelement in der Position veränderlich ist, so daß durch z. B. Herausdrehen aus dem Strahlengang dieses Filterelement das zur Messung verwendete Licht nicht mehr beein-

fließt.

Es ist aber auch möglich, daß ein Filterelement eingesetzt wird, dessen spektrale Charakteristik im Betrieb veränderbar ist. Möglich sind z. B. Filterelemente, die auf der LCD-Technik (liquid crystal display) beruhen. Bei Farbdarstellungen können z. B. gezielt bestimmte Farben ausgegeben werden, und bei heute schon gängigen LCD-Displays für Computer, die sich z. B. zur Auflage auf einen Overheadprojektor eignen, ist es möglich, im wesentlichen beliebige Farben darzustellen. So ist es ebenfalls möglich, die spektrale Charakteristik des durch ein solches Display transmittierten Lichts gezielt zu beeinflussen. Mit einem solchen Filterelement kann im Betrieb der Vorrichtung die Steuereinrichtung das Filterelement derart steuern, daß vorbestimmte spektrale Eigenschaften des Filterelements und somit der Meßcharakteristik bzw. der Vorrichtung erzielt werden.

Mit einer solchen Filtereinrichtung bzw. einem solchen Filterelement können unterschiedlichste Spektralcharakteristiken bzw. spektrale Verteilungen des auf die Meßfläche ausgestrahlten Lichts realisiert werden.

Es ist möglich, in einem ersten Meßvorgang eine Tages-Standardlichtverteilung zur Messung zu verwenden, und in einem zweiten Meßvorgang alle Sensoren derart auszusteuern, daß eine ideal-reflektierende Oberfläche auf allen Sensoren ein gleiches Ausgangssignal ergeben würde.

Wird die Oberfläche mit Tageslicht bzw. einer Lichtverteilung, die der Spektralverteilung von Tageslicht entspricht, ausgeleuchtet, kann der Farbeindruck, und es können auch Fluoreszenzeigenschaften der Oberfläche bestimmt werden, wie sie in der Praxis auftreten.

Andererseits bietet eine Spektralcharakteristik, die im wesentlichen unabhängig von der Wellenlänge ist, den Vorteil eines möglichst hohen Signal/Rauschverhältnisses.

Unter den Bezeichnungen "im wesentlichen linear" bzw. "im wesentlichen konstant" oder dergleichen ist im Sinne dieser Erfindung zu verstehen, daß eine möglichst gute Annäherung an die Vorgabe erzielt wird, wobei gewisse Abweichungen zulässig sind. So kann es z. B. möglich sein, daß für einen bestimmten Spektralbereich eine passende Lichtquelle nicht vorhanden ist, so daß Lichtquellen eingesetzt werden, die auch in diesem Spektralbereich emittieren, aber nicht mit maximaler Intensität. Dann können auch erhebliche Abweichungen von der angestrebten Spektralverteilung bzw. spektralen Charakteristik im Sinne dieser Erfindung zulässig sein, solange eine bessere Anpassung erzielt wird als z. B. mit nur einer Lichtquelle. Die Abweichung kann demzufolge 50% und mehr betragen, bevorzugt ist allerdings eine Abweichung <50% und besonders bevorzugt <20% oder <5% von der idealen Linie.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung einer oder mehrerer zuvor beschriebenen Weiterbildungen ist besonders bevorzugt, daß die spektrale Verteilung des von dieser Beleuchtungseinrichtung ausgestrahlten Lichts durch diese Steuereinrichtung steuerbar ist, wobei besonders bevorzugt einzelne Lichtquellen dieser Beleuchtungseinrichtung gezielt beeinflusst werden können, so daß wenigstens die Intensität einzelner Lichtquellen und vorzugsweise, wenn auch üblicherweise in einem kleineren Rahmen, die ausgestrahlte Wellenlänge bzw. der Wellenlängenbereich einzelner oder aller Lichtquellen beeinflussbar ist.

Eine solche Ausgestaltung ist sehr vorteilhaft, da die spektrale Verteilung des auf die Meßoberfläche ausgestrahlten Lichts gezielt an vorbestimmte Spektralverteilungen angepaßt werden kann. Werden z. B. mehrere unterschiedlich farbige Leuchtdioden als Lichtquellen eingesetzt, so kann die Intensität der einzelnen Leuchtdioden derart aufeinander abgestimmt werden, daß die spektrale Verteilung des insgesamt ausgestrahlten Lichts einer der vorbestimmten spektra-

len Verteilungen entspricht.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist in der ersten optischen Einrichtung eine Streuscheibeneinrichtung und eine Blendeneinrichtung vorgesehen, wobei die Streuscheibeneinrichtung vorzugsweise derart beschaffen ist, daß eine homogene Ausleuchtung der Meßfläche erzielbar ist. Dadurch wird es ermöglicht, daß geringfügige Abweichungen des Meßortes für das Meßergebnis unerheblich sind.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird die Auswerteinrichtung über ein in der Speichereinrichtung gespeichertes Programm gesteuert, und die Auswerteinrichtung nimmt die Meßsignale der Photosensoren auf und wertet diese aus, wobei die Meßsignale bzw. die charakteristischen Meßwerte in der Speichereinrichtung vorzugsweise dauerhaft abgelegt werden.

Gemäß einer oder mehrerer bevorzugter Weiterbildungen der Erfindung ist die zweite optische Einrichtung unter einem anderen Winkel zur Meßfläche ausgerichtet als die erste optische Einrichtung, so daß das von der ersten optischen Einrichtung ausgestrahlte und von der Meßfläche reflektierte Licht einen anderen Winkel zur Meßfläche aufweist als der Winkel zwischen dem von der zweiten optischen Einrichtung aufgenommenen Licht und der Normale auf der Meßfläche.

Die einzelnen optischen Einrichtungen können unter beliebigen Winkeln zur Oberfläche ausgerichtet sein, es ist allerdings bevorzugt, daß die Winkel 0°, 20°, 30°, 45°, 60° oder 85° zur Normalen auf der zu messenden Oberfläche betragen. Besonders bevorzugt ist eine 0°/45°-Geometrie insbesondere für Farbmessungen, bei denen eine optische Einrichtung senkrecht über der zu messenden Oberfläche und die andere optische Einrichtung unter einem Winkel von 45° zur zu messenden Oberfläche ausgerichtet ist.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist jeder Photosensor wenigstens zwei, vorzugsweise drei oder mehr photosensitive Elemente auf, deren elektrische Ausgangssignale einzeln erfaßbar sind und die sich in ihrer spektralen Charakteristik derart unterscheiden, daß die Farbe des reflektierten Lichts erfaßbar ist. Ein Beispiel für einen derartigen Photosensor bzw. einen Array von Photosensoren ist ein Farb-CCD-Sensor.

In allen zuvor beschriebenen Weiterbildungen kann es möglich sein, daß in möglichst unmittelbarer Nähe einer oder mehrerer Lichtquellen und/oder eines, mehrerer oder aller Photosensoren jeweils wenigstens eine Temperaturmeßeinrichtung angeordnet ist, die zur Bestimmung der charakteristischen Temperatur der jeweiligen Lichtquelle bzw. des jeweiligen Photosensors bzw. des jeweiligen photosensitiven Elements vorgesehen ist, um eine temperaturkorrigierte Bestimmung der wenigstens einen optischen Kenngröße zu ermöglichen. Die Temperaturmeßeinrichtung kann mehrere (oder nur einen) Temperatursensoren umfassen, die z. B. möglichst nahe an den einzelnen Elementen angeordnet sind, um eine Verfälschung der Meßergebnisse durch thermische Kapazitäten und thermische Widerstände möglichst weit zu vermeiden. Es ist aber auch möglich, daß wenigstens bei einzelnen dieser Elemente die Temperaturbestimmung direkt über das Element selbst erfolgt, wie z. B. in der WO 96/09667 oder in der DE 44 34 266 A1 beschrieben.

Die Bestimmung der Temperatur oder der Temperaturen einzelner oder aller Elemente ist sehr vorteilhaft, da temperaturabhängige spektrale Einflußgrößen berücksichtigt und somit deren Einfluß auf das Meßergebnis im wesentlichen ausgeschaltet werden kann.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der

nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispiel in Zusammenhang mit den Zeichnungen.

Darin zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch eine Vorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2A eine Unteransicht eines weiteren Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2B eine Querschnittsansicht der Vorrichtung gemäß Fig. 2A;

Fig. 3 eine vorbestimmte spektrale Intensitätsverteilung;

Fig. 4A eine andere vorbestimmte spektrale Intensitätsverteilung über der Wellenlänge;

Fig. 4B eine spektrale Verteilung der Sensorsignale über der Wellenlänge;

Fig. 5A die spektrale Signalverteilung bei Beleuchtung einer fluoreszierenden Oberfläche mit einer ersten Lichtquelle;

Fig. 5B die spektrale Signalverteilung einer fluoreszierenden Oberfläche bei Beleuchtung mit einer anderen Lichtquelle;

Fig. 6 die spektrale Intensitätsverteilung unterschiedlicher Leuchtdioden; und

Fig. 7 den prinzipiellen schaltungstechnischen Aufbau der Ausführungsbeispiel.

Ein erstes Ausführungsbeispiel wird nun in bezug auf Fig. 1 beschrieben.

Die Meßvorrichtung 1 weist ein Gehäuse auf, das auf die zu untersuchende Oberfläche bzw. Meßfläche 8 aufgesetzt ist. Eine erste optische Einrichtung 2 weist eine Beleuchtungseinrichtung 3 eine oder mehrere Lichtquelle(n) 3 auf, deren Licht unter einem Winkel 18 zur Senkrechten auf der Meßfläche auf die Meßfläche gerichtet ist. Des weiteren enthält die erste optische Einrichtung eine Streueinrichtung mit einem Streuscheibenhalter 4 und einer Streuscheibe 16, wobei der Streuscheibenhalter 4 gleichzeitig als Blende für die von der bzw. den Lichtquellen 3 ausgestrahlte Strahlung dient.

Im weiteren Verlauf des Strahlengangs von der bzw. den Lichtquellen 3 zur zu messenden Oberfläche 8 ist eine Filtereinrichtung mit einem Filterhalter 6 und ein Filterelement 9 angeordnet, die das von der Lichtquelle 3 ausgestrahlte Licht gemäß vorbestimmter Filtereigenschaften beeinflussen. Eine Linse 5 in der zweiten optischen Einrichtung parallelisiert das ausgestrahlte Licht, bevor es auf die zu untersuchende Oberfläche 8 auftrifft.

Eine in der Vorrichtung vorgesehene zweite optische Einrichtung 10 ist unter einem Winkel 17 zur Senkrechten auf der Meßfläche ausgerichtet, wobei die Winkel 17 und 18 in diesem Ausführungsbeispiel beide 45° betragen, eine Winkelanordnung, die sich besonders für Glanzmessung eignet. Bei anderen gewünschten Meßgrößen, wie z. B. Farbe, wird man geeignete andere Winkel wählen, wie dies im Stand der Technik grundsätzlich bekannt ist. Das von der Oberfläche 8 reflektierte Licht wird wenigstens teilweise von der zweiten optischen Einrichtung 10 aufgenommen und durch eine Linse 11 der zweiten optischen Einrichtung auf einen Spalt in einer Blende 12 fokussiert, der als Eintrittsspalt für ein Transmissionsgitter 14 dient, das die einfallende Strahlung spektral selektiv aufspaltet und auf den Liniensensor 13, der in der zweiten optischen Einrichtung 10 angeordnet ist, lenkt.

Das in Fig. 1 dargestellte spektrale Aufspaltungselement 14 ist als Volumentransmissionsgitter ausgeführt. Es ist aber ebenso möglich, ein Reflexionsgitter mit leicht geänderter Strahlführung zu verwenden.

Das Gitter 14 spaltet eintreffendes Licht im Ausführungsbeispiel durch Beugung in die Spektralbestandteile auf, wobei unterschiedliche Wellenlängen des einfallenden Lichtes

unterschiedlich stark abgelenkt und auf den Sensor 13 gelenkt werden, so daß der als Dioden-Array bzw. CCD-Sensor ausgeführte Photosensor 13 auf unterschiedlichen Bereichen unterschiedliche Wellenlängen empfängt. Die einzelnen Elemente des Sensors 13 empfangen Strahlung unterschiedlicher Wellenlängen im hier relevanten sichtbaren Teil des Spektrums zwischen 400 und 700 nm.

Die Meßsignale der einzelnen photosensitiven Elemente des Sensors 13 sind elektrisch einzeln erfassbar bzw. können separat ausgewertet werden, so daß als Meßergebnis das relative spektrale Remissionsvermögen bzw. das Reflexionsvermögen der Oberfläche nach der Messung zur Verfügung steht. Dazu wird die Vorrichtung wenigstens einmal mit einer oder mehreren Referenzoberflächen kalibriert, wobei eine dieser Kalibrierungsflächen z. B. bei der Glanzmessung eine möglichst ideal reflektierende Oberfläche sein kann.

Die Beleuchtungseinrichtung 3 umfaßt in diesem Ausführungsbeispiel eine Halogenlichtquelle und mehrere Leuchtdioden, um das Spektrum des von der Beleuchtungseinrichtung 3 ausgestrahlten Lichts an die in Fig. 3 dargestellte spektrale Verteilung anzunähern. Während die Halogenlichtquelle im wesentlichen im gesamten Spektralbereich Strahlung emittiert, dienen die einzelnen Leuchtdioden dazu, einzelne Spektralbereiche gezielt zu verstärken.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung dieses Ausführungsbeispiels werden die einzelnen Lichtquellen der Beleuchtungseinrichtung 3 derart gesteuert, daß am Sensor eine wie in Fig. 4A dargestellte Intensitätsverteilung im wesentlichen erreicht wird. Die in Fig. 4A dargestellte Spektralverteilung 43 ist als Intensität 42 über der Wellenlänge 41 aufgetragen und über den relevanten Wellenlängenbereich unabhängig von der Wellenlänge auf einem konstanten Niveau, so daß die spektrale Intensität bei unterschiedlichen Wellenlängen des von der Beleuchtungseinrichtung 3 ausgestrahlten Lichts unabhängig von der Wellenlänge ist.

In einer weiteren Ausgestaltung dieser Ausführungsform werden die Lichtquellen der Beleuchtungseinrichtung 3 derart gesteuert, daß das elektrische Signal der einzelnen Photosensoren bzw. das in einen digitalen Signalverlauf 44 umgewandelte elektrische Meßsignal der Sensoren über der Wellenlänge 41 eine im wesentlichen konstante numerische Größe 45 aufweist. Mit dieser Ausgestaltung wird erzielt, daß das Signal der einzelnen Sensoren bei einer ideal reflektierenden Oberfläche unabhängig von der Wellenlänge ist und somit bei über der Wellenlänge konstantem Rauschpegel ein im wesentlichen über der Wellenlänge konstantes und maximal hohes Signal/Rauschverhältnis erzielt wird.

Die Filtereinrichtung 9 ist als optischer Filter ausgeführt, der entsprechend der gewünschten Spektralverteilung bestimmte Wellenlängenbereiche absorbiert, um somit eine spektrale Intensitätsverteilung gemäß Fig. 3 oder Fig. 4A zu erzielen.

Obwohl die zweite optische Einrichtung in diesem Ausführungsbeispiel unter einem Winkel von 45° zur Meßfläche ausgerichtet ist, kann es auch möglich sein, die zweite optische Einrichtung senkrecht zur zu messenden Oberfläche auszurichten, um einen Anteil des diffus reflektierten Lichts und nicht das gerichtete reflektierte Licht zu messen.

In den Fig. 2A und 2B ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Farbmeßgerätes dargestellt.

Die Meßvorrichtung ist in Fig. 2A in einer Unteransicht dargestellt und ist in dieser Ansicht kreisförmig gestaltet. In einem konstanten Radius sind gleichmäßig über den Umfang verteilt eine Vielzahl von Leuchtdioden 3 der Beleuchtungseinrichtung 3 angeordnet, die, wie in Fig. 2B ersichtlich, unter einem Winkel von 45° zur zu messenden Oberfläche ausgerichtet sind und den Mittelpunkt unterhalb der

Vorrichtung ausleuchten.

Die zweite optische Einrichtung ist in diesem Ausführungsbeispiel senkrecht zur zu messenden Oberfläche 7 angeordnet und nimmt einen Teil des diffus reflektierten Lichtes der Lichtquellen 3 auf. Das von der zweiten optischen Einrichtung 10 aufgenommene Licht wird durch eine Eintrittslinse 11 gebündelt und tritt durch eine Öffnung in der Blende 12 hindurch.

Im weiteren Verlauf des Strahlengangs kann hinter der Blende 12 ein optisches Gitter, ein Farbfilter oder ein Farbfilterkoil angeordnet sein, um die einfallende Strahlung spektral aufzuspalten, bevor sie auf den Sensor 13 trifft.

Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel ist in diesem zweiten Ausführungsbeispiel die Beleuchtungseinrichtung 3 kreisförmig über der zu untersuchenden Meßfläche angeordnet, so daß von den einzelnen Lichtquellen 3 der Beleuchtungseinrichtung 3 das austretende Licht kegelförmig auf die zu untersuchende Meßfläche gerichtet ist, wobei die Spitze des Kegels den Meßpunkt der Oberfläche bestimmt.

In diesem Ausführungsbeispiel sind alle Lichtquellen als Leuchtdioden ausgeführt, wobei hier spektral unterschiedlich emittierende Leuchtdioden und insgesamt 24 Leuchtdioden verwendet werden. Dabei sind in diesem Ausführungsbeispiel von jedem Leuchtdiodentyp 3 Stück vorhanden. Über den Umfangswinkel verteilt sind jeweils 8 unterschiedliche Leuchtdioden nacheinander und die 24 Leuchtdioden angeordnet, so daß in der Umfangsrichtung alle 120° eine gleichartige Lichtquelle angeordnet ist. Bei einer anderen Ausführungsform werden 30 Leuchtdioden mit 10 unterschiedlichen Dioden verwendet.

Es wird jedoch darauf hingewiesen, daß auch eine hiervon abweichende Zahl von Lichtquellen eingesetzt werden kann, solange jeder Wellenlängenbereich im sichtbaren Teil des Spektrums nennenswerte Intensitäten aufweist.

In diesem Ausführungsbeispiel sind mehrere Schaltungs- bzw. Steuerungsvarianten für die einzelnen Lichtquellen vorgesehen. In einer ersten Steuerungsvariante werden zur Messung alle Leuchtdioden gleichzeitig betrieben und ihre Intensität wird in der Art gesteuert, daß sich ein relativer spektraler Intensitätsverlauf ergibt, der im wesentlichen mit dem in Fig. 3 dargestellten relativen spektralen Intensitätsverlauf 32 übereinstimmt. Der Intensitätsverlauf 32 entspricht einem spektralen Intensitätsverlauf der Normlichtart C der Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) gewichtet mit der spektralen Augenempfindlichkeit des hell adaptierten Auges V (Index λ) des Normbetrachters. Bei der Erzielung eines derartigen Spektrums werden die Intensitäten der einzelnen Leuchtdioden entsprechend gesteuert. Weiterhin ist zur Anpassung der spektralen Verteilung ein Filter 9 in einer Filterhalterung 6 in der zweiten optischen Einrichtung 10 angeordnet.

Der spektrale Intensitätsverlauf der einzelnen Dioden 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, ist in Fig. 6 über der Wellenlänge aufgetragen. Jede einzelne der Leuchtdioden (71-78) weist ein relativ schmales spektrales Emissionsvermögen auf, wobei sich die einzelnen Spektralbereiche der Leuchtdioden überlappen, so daß insgesamt über den wesentlichen Teil des sichtbaren Spektrums die Strahlung emittiert wird.

Gemäß einer zweiten Schaltungs- bzw. Meßvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden die einzelnen Leuchtdioden bezüglich der Ausstrahlungsintensität derart gesteuert, daß sich eine spektrale Intensitätsverteilung, wie in Fig. 4A dargestellt, ergibt, bei der die spektrale Verteilung 43 über der Wellenlänge 41 aufgetragen ist und konstant über die Wellenlänge ist, um eine homogene, wellenlängenunabhängige Ausleuchtung zu erzielen.

In einer weiteren Schaltungsvariante ist das elektrische

Signal der einzelnen Sensoren bzw. die in digitale Signale umgewandelten elektrischen Signale der einzelnen Sensoren unabhängig von der Wellenlänge, wenn eine ideal diffus weiß reflektierende Oberfläche vermessen wird. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich ein spektrales, digitales Sensorsignal 44, das über den gesamten sichtbaren Wellenlängenbereich im wesentlichen gleich ist. Die Integrationszeit bzw. die Belichtungszeit und/oder Verstärkung der Sensoren wird dann derart gesteuert, daß die einzelnen Sensoren unter Ausnutzung ihre maximalen Dynamik betrieben werden.

In einer schaltungstechnischen Meßvariante werden die einzelnen Leuchtdioden (zusätzlich) nacheinander betrieben, um die Auswirkung einzelner strahlender Elemente auf die zu untersuchende Oberfläche zu bestimmen.

Werden z. B. fluoreszierende Oberflächen mit Strahlungen bestimmter Wellenlängen beleuchtet, so wandeln diese Oberflächen bestimmte Wellenlängen in andere um und emittieren bevorzugte andere Wellenlängen.

In Fig. 5A ist schematisch die Intensitätsverteilung einer Lichtquelle, und die durch Fluoreszenz bestimmte spektrale Emission einer fluoreszierenden Oberfläche aufgetragen.

In einem ersten Wellenlängenbereich weist eine Strahlungsquelle einen spektralen Intensitätsverlauf 51 auf, der z. B. auch einem der in Fig. 6 dargestellten spektralen Intensitätsverläufe 71-78 entsprechen kann. Die fluoreszierende Oberfläche emittiert eine spektrale Intensität 52, wenn die Oberfläche mit geeigneten Wellenlängen ausgeleuchtet wird, wie z. B. hier mit der Spektralverteilung 51.

Wird nun die gleiche Oberfläche mit einer anderen Lichtquelle ausgeleuchtet, die eine spektrale Intensitätsverteilung 53 (vgl. Fig. 5B) aufweist, die von der ersten Spektralverteilung 51 unterschiedlich ist, so kann die fluoreszierende Oberfläche ebenfalls eine Strahlung 54 emittieren. Sofern die spektralen Intensitätsverläufe 51 und 53 sich wenigstens teilweise überschneiden und bei der Wellenlänge, die die Oberfläche zur Fluoreszenz anregt, unterschiedliche Intensitäten aufweisen, so wird die spektrale Emission der Oberfläche 52 von der spektralen Emission 54 abweichen, wie in Fig. 5B dargestellt.

Aus den von der Oberfläche emittierten spektralen Intensitätsverläufen 52 bzw. 54 und insbesondere der maximalen Höhe der einzelnen Intensitätsverläufe und aus den spektralen Emissionsverläufen der verwendeten Leuchtdioden 51, 53, kann dann auf die Anregungswellenlänge bzw. den Anregungswellenlängenbereich der fluoreszierenden Oberfläche geschlossen und sowohl qualitativ wie auch quantitativ bestimmt werden.

In Fig. 7 ist der prinzipielle schaltungstechnische Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß der beschriebenen Ausführungsbeispiele dargestellt.

Die Steuereinrichtung 60 weist einen Prozessor 60 auf, der mit den weiteren Elementen der Steuereinrichtung in Verbindung steht.

Über ein in der Speichereinrichtung 61 abgelegtes Programm steuert die Steuereinrichtung 60 die Beleuchtungseinrichtung 3 mit den Lichtquellen 3 und beispielsweise 72 bezüglich Intensität, Ausstrahlungszeit und Ausstrahlungsdauer. Das von dem Photosensor 13 aufgenommene elektrische Meßsignal wird in der Prozesseinrichtung 60 digitalisiert und, unter Berücksichtigung der Meßergebnisse der Temperaturmeßeinrichtung 67, die die Temperaturen der Lichtquellen und des Photosensors überwacht, temperaturkorrigiert und auf dem Display 65 ausgegeben und/oder in der Speichereinrichtung 61 abgelegt.

Die Eingabeeinrichtung 62 dient zur Eingabe von Steuerungsbefehlen für die gesamte Vorrichtung. So ist es z. B. durch Betätigung bestimmter Schalter (nicht dargestellt)

oder Eingabe bestimmter Befehle möglich, die Meßmethode umzustellen, so daß die Intensitätsverteilung des ausgestrahlten Lichts gemäß der Normlichtart C oder der Normlichtart D65 angepaßt wird, oder daß die Meßcharakteristik der einzelnen Optiken, Lichtquellen und Sensoren so angepaßt wird, daß das elektrische Meßsignal für die unterschiedlichen Wellenlängen der photosensitiven Elemente des Photosensors 13 bei ideal reflektierenden Oberflächen im wesentlichen gleich über den Wellenlängenbereich ist.

Des weiteren weist die Steuereinrichtung eine Einrichtung auf, mit der die Vorrichtung mit einem externen Computer 66 gekoppelt werden kann, wobei diese Kopplungseinrichtung eine elektrische Verbindung ist, wie z. B. eine serielle Schnittstelle oder andere standardisierte, elektrische Anschlüsse. Es ist ebenso möglich, daß diese Schnittstelle als Infrarotschnittstelle ausgeführt ist, so daß die Verbindung kabellos auch über einige Entfernung zu einem externen Computer 66 herstellbar ist.

Wie die vorhergehenden Ausführungen zeigen, erlaubt es die vorliegende Erfindung, eine Vorrichtung zur Messung und Auswertung von spektralen Strahlungen zur Verfügung zu stellen, welche mit einem verhältnismäßig geringem Aufwand und einer verhältnismäßig geringen Zahl von Strahlungsquellen bzw. -sensoren eine Erfassung der spektralen Verteilung der Strahlung ermöglicht. Aufgrund des einfachen Aufbaus kann die Vorrichtung relativ klein und handlich gestaltet werden, so daß ihre Verwendung nicht nur im Labor möglich ist, sondern daß sie auch unmittelbar in der Produktion eingesetzt werden kann, um die Oberflächenqualität laufend zu überwachen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur quantifizierten Bestimmung der Qualität von Oberflächen mit:
 einer ersten optischen Einrichtung mit wenigstens einer Beleuchtungseinrichtung, deren Licht in einem vorbestimmten Winkel auf eine Meßfläche, die Teil der zu messenden Oberfläche ist, gerichtet ist, sowie
 einer zweiten optischen Einrichtung, welche in einem vorbestimmten Winkel zu dieser Meßfläche ausgerichtet ist, und welche das von der Meßfläche reflektierte Licht aufnimmt, wobei diese zweite optische Einrichtung wenigstens einen Photosensor aufweist, welcher ein elektrisches Meßsignal ausgibt, das für das reflektierte Licht charakteristisch ist;
 einer Steuer- und Auswerteeinrichtung, die zur Steuerung des Meßablaufs und zur Auswertung der Meßergebnisse vorgesehen ist und die wenigstens eine Prozessoreinrichtung und wenigstens eine Speichereinrichtung aufweist;
 einer Ausgabeeinrichtung;
 wobei diese Beleuchtungseinrichtung wenigstens eine Lichtquelle aufweist, welche eine Leuchtdiode (LED) ist;
 wobei dieses von dieser Beleuchtungseinrichtung ausgestrahlte Licht derart beschaffen ist, daß die spektrale Charakteristik vorzugsweise wenigstens blaue, grüne und rote Spektralanteile im sichtbaren Spektrum aufweist und,
 wobei eine Filtereinrichtung vorgesehen ist, welche in dem Strahlengang zwischen dieser Lichtquelle und diesem Photosensor angeordnet ist, und
 wobei diese Auswerteeinrichtung dieses reflektierte Licht auswertet und daraus wenigstens eine Kenngröße ableitet, welche diese Oberfläche charakterisiert.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine dieser wenigstens einen

Kenngröße die Farbe dieser Meßfläche ist.

3. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine dieser wenigstens einen charakteristischen Kenngröße einer Gruppe von Kenngrößen entnommen ist, welche Glanz, Glanzschleier, Fluoreszenz, Abbildungsschärfe (DOF), ein repräsentatives Maß für die typische Wellenlänge und deren Amplitude (orange peel) der Topologie der Oberfläche dieser Meßfläche in einem vorbestimmten Wellenlängenintervall, wobei zur Bestimmung dieses repräsentativen Maßes eine Auswertung auch in zwei oder mehr Wellenlängenbereichen erfolgen kann, und eine Farbe dieser Meßfläche umfaßt.

4. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwei, drei oder mehr charakteristische Kenngrößen dieser Meßfläche bestimmt werden.

5. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine dieser wenigstens einen Kenngröße zwei, drei oder mehr Kennwerte umfaßt.

6. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine dieser wenigstens einen Kenngröße eine Vielzahl von Kennwerten umfaßt, die ein Reflexionsvermögen dieser Meßfläche charakterisieren, wobei vorzugsweise im wesentlichen jeder dieser Kennwerte charakteristisch für ein spektrales Reflexionsvermögen in jeweils einem Wellenlängenbereich ist.

7. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Beleuchtungseinrichtung eine Vielzahl von Lichtquellen aufweist, wobei jede dieser Lichtquellen jeweils eine Art von Lichtquelle ist, welche einer Gruppe von Lichtquellentypen entnommen ist, die Leuchtdioden, thermische Lichtquellen, wie Glüh-, Halogen-, Quecksilber-, Deutérium- und Xenonlichtquellen und dergleichen mehr umfaßt.

8. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Beleuchtungseinrichtung wenigstens zwei spektral unterschiedlich emittierende Lichtquellen aufweist.

9. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Lichtquellen dieser Beleuchtungseinrichtung derartige spektrale Charakteristiken aufweisen, daß im wesentlichen lückenlos im wesentlichen im gesamten sichtbaren Spektrum Strahlung emittierbar ist.

10. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Lichtquellen dieser Vielzahl von Lichtquellen dieser Beleuchtungseinrichtung als Leuchtdioden ausgeführt sind.

11. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Beleuchtungseinrichtung wenigstens eine thermische Lichtquelle aufweist, welche vorzugsweise als Halogenlichtquelle ausgeführt ist.

12. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Steuereinrichtung diesen Meßablauf derart steuert, daß wenigstens eine Fluoreszenz-Kenngröße dieser Meßfläche bestimmbar ist.

13. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese erste optische Einrichtung derart gesteuert wird, daß diese Lichtquellen im wesentlichen gleichzeitig eine

Strahlung emittieren, die im wesentlichen einer vorbestimmten spektralen Verteilung entspricht.

14. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste optische Einrichtung derart gesteuert wird, daß spektral unterschiedliche Lichtquellen dieser ersten optischen Einrichtung nacheinander jeweils eine Strahlung emittieren.

15. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Steuereinrichtung diese erste und diese zweite optische Einrichtung derart steuert, daß eine erste Messung durchgeführt wird, bei der wenigstens zwei Lichtquellen gleichzeitig Strahlung emittieren und daß eine zweite Messung durchgeführt wird, bei der wenigstens zwei spektral unterschiedliche Lichtquellen im wesentlichen nacheinander jeweils eine Strahlung emittieren.

16. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Steuereinrichtung diesen Meßablauf derart steuert, daß bei einer Messung spektral unterschiedliche Lichtquellen nacheinander Strahlung emittieren und die Meßergebnisse in dieser Speichereinrichtung abgelegt werden, und daß aus diesen Meßergebnisse diese wenigstens eine Fluoreszenz-Kenngröße abgeleitet wird.

17. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vielzahl von Fotosensoren vorgesehen ist, welche benachbart angeordnet sind.

18. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein CCD-Chip als dieser Photosensor vorgesehen ist, bei welchem die photosensitiven Elemente in einer Reihe oder in Reiben und Spalten angeordnet sind.

19. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang zwischen dieser Beleuchtungseinrichtung und diesem Photosensor eine Spektraleinrichtung angeordnet ist, die einfallende Strahlung wellenlängenabhängig aufspaltet.

20. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Spektraleinrichtung wenigstens ein Spektralaufspaltungselement aufweist, welches einer Gruppe von Spektralaufspaltungselementen entnommen ist, welche absorbierende, beugende und brechende optische Elemente, Phasen- und Amplitudengitter, Oberflächen- und Volumengitter, Transmissionsgitter, Reflexionsgitter, holographische optische Elemente, Farbfilter, Farbfilterkeile, Prismen und dergleichen mehr umfaßt.

21. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Spektraleinrichtung einfallendes Licht derart spektral aufspaltet, daß unterschiedliche Wellenlängenbereiche dieses einfallenden Lichts auf unterschiedliche Bereiche dieses CCD-Arrays gelenkt werden, so daß unterschiedliche photosensitiven Elemente unterschiedliche Wellenlängenbereiche empfangen.

22. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Filtereinrichtung die spektrale Charakteristik einfallenden Lichts gemäß vorbestimmter Filtereigenschaften derart verändert, daß die spektrale Charakteristik im wesentlichen mit einer vorbestimmten spektralen Verteilung übereinstimmt.

23. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese vorbestimmte spektrale Verteilung eine Standardverteilung

ist, welche eine Lichtart aufweist, die einer Gruppe von Lichtstandards entnommen ist, welche die Normlichtart C, die Normlichtart D65, die Normlichtart A und dergl. mehr umfaßt.

24. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese vorbestimmte spektrale Verteilung eine im wesentlichen linearen Intensitätsverlauf über der Wellenlänge im sichtbaren Bereich des Spektrums aufweist.

25. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine spektrale Meßcharakteristik, die ein Produkt aus der spektralen Charakteristik des auf die Meßfläche ausgestrahlten Lichts und der spektralen Empfindlichkeit des Sensors und der verwendeten Filter im wesentlichen proportional zu einem Produkt aus einer spektralen Verteilung einer Standardlichtart und der Augenempfindlichkeit des menschlichen Auges ist.

26. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine spektrale Meßcharakteristik, die ein Produkt aus der spektralen Charakteristik des auf die Meßfläche ausgestrahlten Lichts und der spektralen Empfindlichkeit der zweiten optischen Einrichtung bei einer bestimmten Probe einen vorbestimmten spektralen Verlauf ergibt.

27. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Filtereinrichtung wenigstens einen oder mehrere Filterelemente aufweist, welche vorbestimmte spektrale Eigenschaften haben, so daß das von dieser Beleuchtungseinrichtung ausgestrahlte Licht gezielt spektral beeinflussbar ist.

28. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Filtereinrichtung derart beschaffen ist, daß die spektralen Eigenschaften wenigstens eines Filterelements steuerbar sind.

29. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Intensität einer Lichtquelle steuerbar ist.

30. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese spektrale Verteilung des ausgestrahlten Lichts dieser Beleuchtungseinrichtung steuerbar ist.

31. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dieser ersten optischen Einrichtung eine Streuscheibeneinrichtung und eine Blendeneinrichtung angeordnet sind, wobei diese Streuscheibeneinrichtung derart beschaffen ist, daß eine homogene Ausleuchtung dieser Meßfläche erzielbar ist.

32. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Auswerteeinrichtung über ein in dieser Speichereinrichtung gespeichertes Programm diese Meßsignale auswertet und/oder in dieser Speichereinrichtung speichert.

33. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dieses von dieser ersten optischen Einrichtung ausgestrahlte Licht in einem derartigen Winkel auf die Oberfläche gerichtet ist, daß das unmittelbar von der Meßfläche gemäß der Fresnel'schen Reflexion gerichtet reflektierte Licht gegenüber dieser Meßfläche einen anderen Winkel aufweist, als der Winkel zwischen dieser Meßfläche und dem von dieser Meßfläche gerichtet reflektierten Licht, welches von dieser zweiten optischen Einrichtung aufgenommen wird.

34. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Photosensor wenigstens zwei, vorzugsweise drei oder mehr fotosensitive Elemente aufweist, deren elektrische Ausgangssignale einzeln erfassbar sind und die sich in ihrer spektralen Charakteristik unterscheiden, so daß als optische Kenngröße dieser Meßfläche die Farbe des reflektierten Lichtes erfassbar ist. 5

35. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in möglichst unmittelbarer Nähe wenigstens einer Lichtquelle und/oder wenigstens eines Photosensors wenigstens eine Temperaturmeßeinrichtung angeordnet ist, welche zur Bestimmung der charakteristischen Temperatur der jeweiligen Lichtquelle und/oder des jeweiligen Photosensors vorgesehen ist, damit eine temperaturkorrigierte Bestimmung dieser wenigstens einen Kenngröße erfolgen kann. 10 15

36. Verfahren zur Bestimmung der quantifizierten Qualität von Oberflächen unter Verwendung einer Vorrichtung gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 36, 20

bei welchem die Vorrichtung in Bezug auf eine Meßfläche ausgerichtet wird und
einer ersten optischen Einrichtung mit wenigstens einer Beleuchtungseinrichtung Licht in einem vorbestimmten Winkel auf eine Meßfläche ausstrahlt, und
ein Teil des von Meßfläche reflektierten Lichts von einer zweiten optischen Einrichtung aufgenommen wird, welche in einem vorbestimmten Winkel zu dieser Meßfläche ausgerichtet ist, wobei ein Photosensor dieser zweiten optischen Einrichtung ein elektrisches Meßsignal ausgibt, das für das reflektierte Licht charakteristisch ist; und
eine Steuer- und Auswerteinrichtung den Meßablauf steuert und die Meßergebnisse auswertet und daraus wenigstens eine Kenngröße ableitet, welche diese Oberfläche charakterisiert; und
eine Ausgabereinrichtung die Meßergebnisse ausgibt. 25 30 35 40

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

- Leerseite -

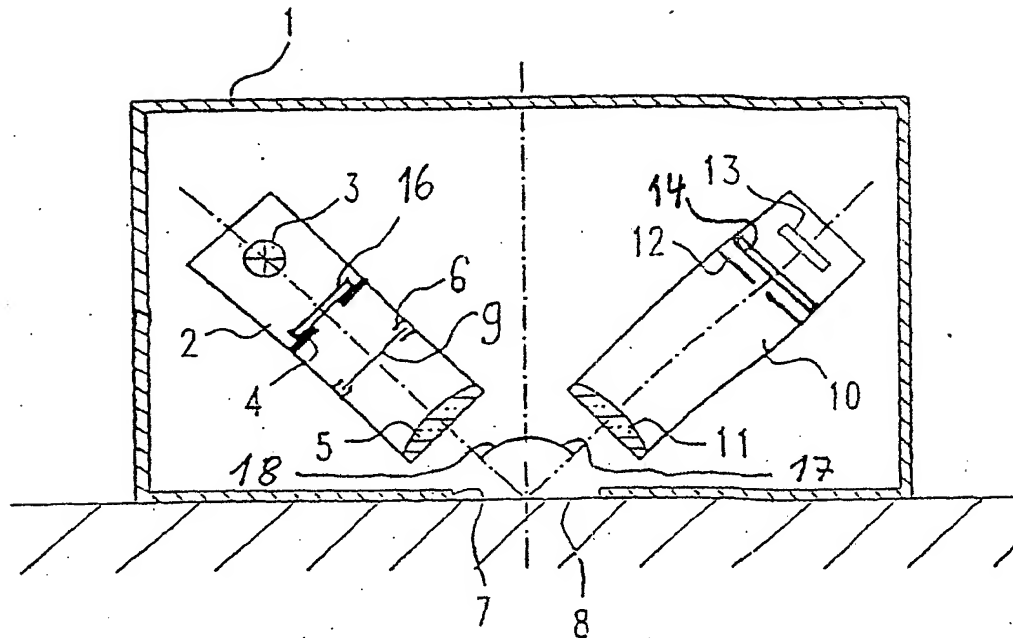


Fig. 1

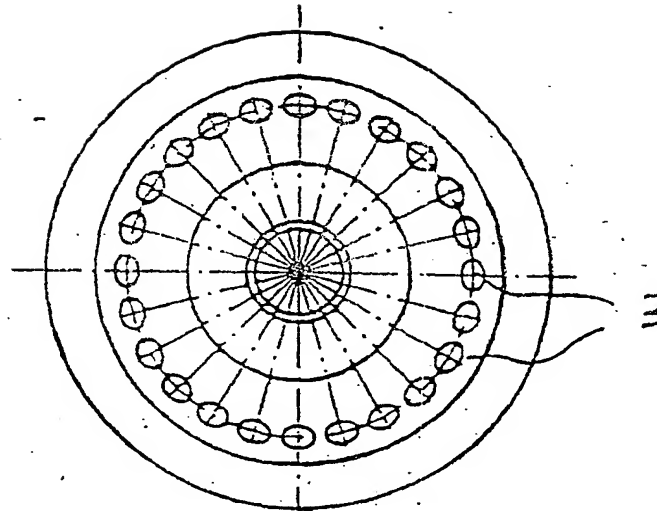


FIG. 2a

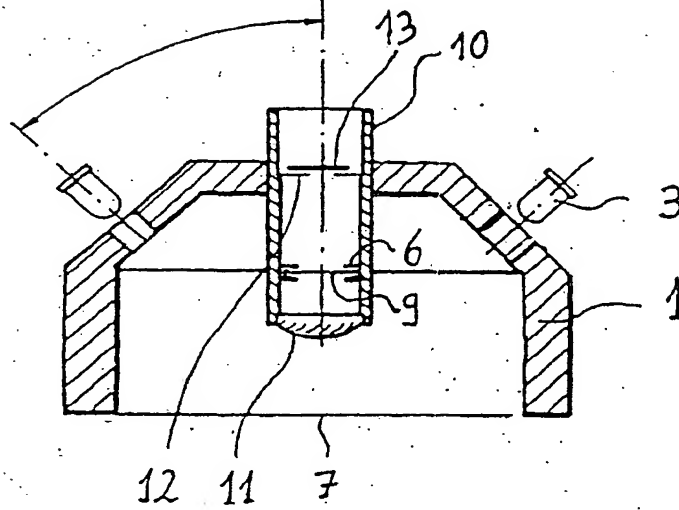


FIG. 2b

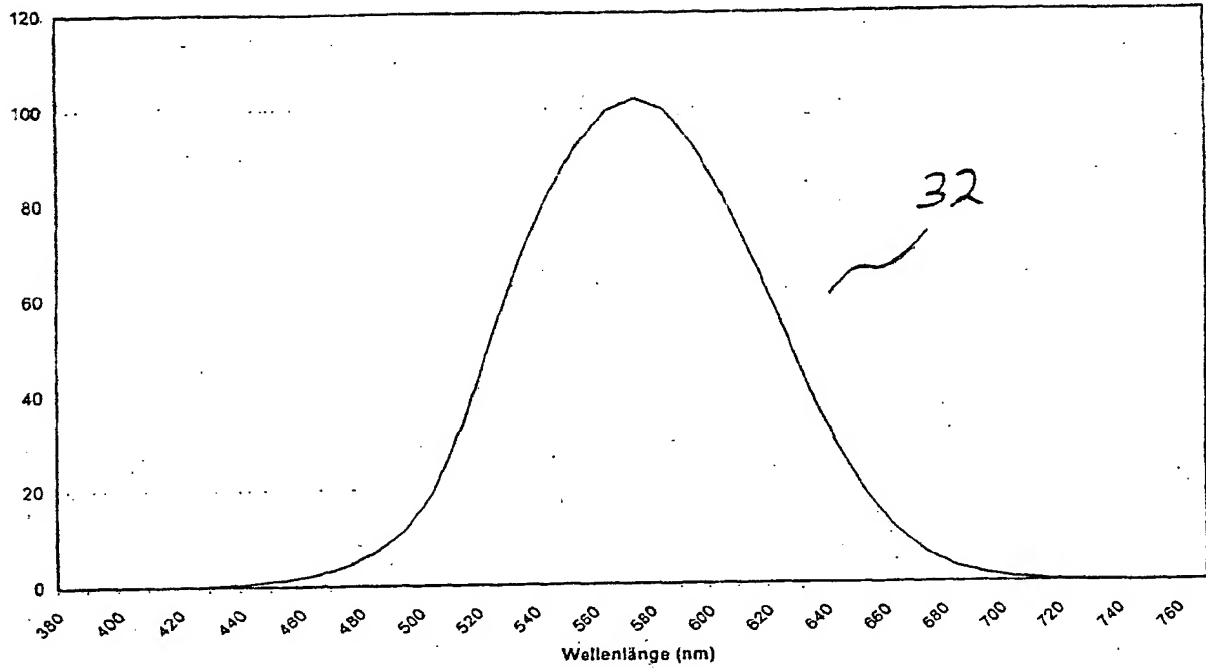


Fig. 3

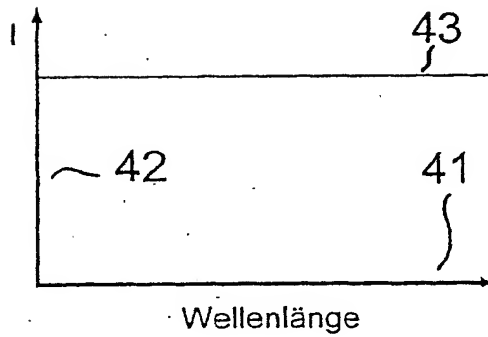


Fig. 4a

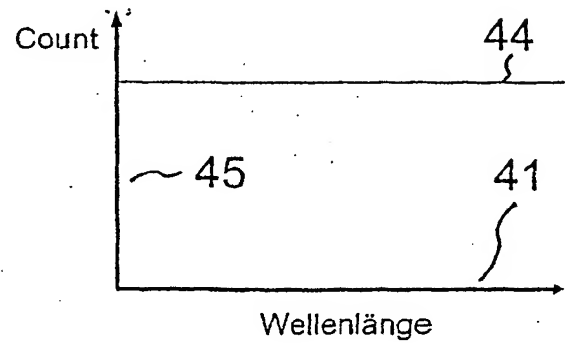


Fig. 4b

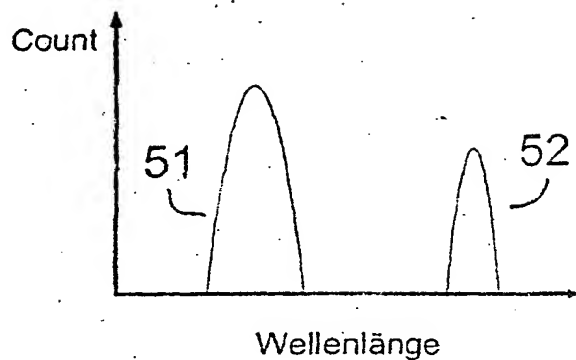


Fig. 5a

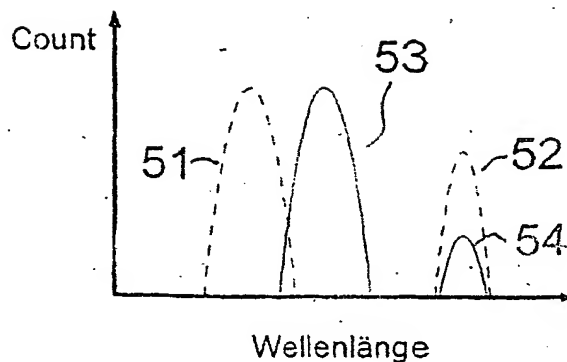


Fig. 5b

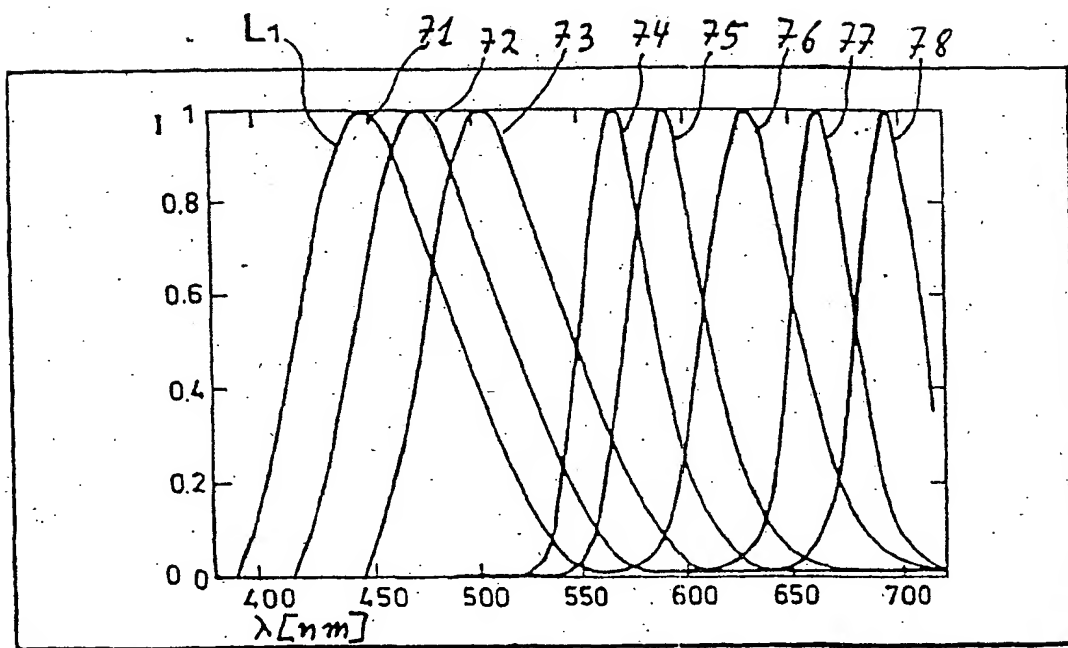


FIG. 6

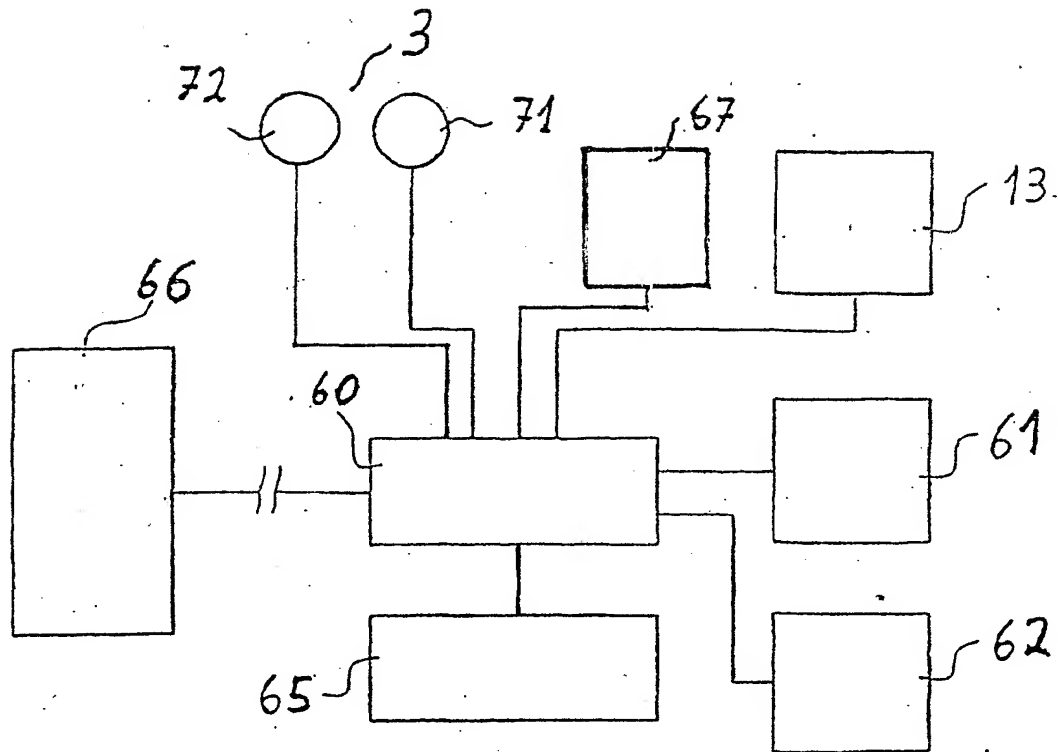


Fig. 7